

日本国特許庁 *McDermott, Will & Emery*
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年11月26日
Date of Application:

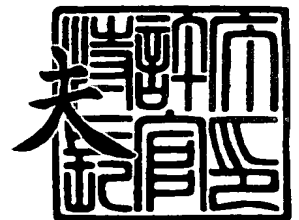
出願番号 特願2003-395259
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-395259]

出願人 大日本スクリーン製造株式会社
Applicant(s):

2003年12月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願
【整理番号】 006P0116
【提出日】 平成15年11月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01N 21/21
【発明者】
 【住所又は居所】 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1
 大日本スクリーン製造株式会社内
 【氏名】 堀江 正浩
【特許出願人】
 【識別番号】 000207551
 【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100110847
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 松阪 正弘
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-141796
 【出願日】 平成15年 5月20日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 136468
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0107099

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

分光エリプソメータであって、
偏光した光を対象物へと導く照明部と、
前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部と、
を備え、
前記照明部が、
光源部と、
前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーライザと、
を有し、
前記光源部から前記対象物に至る光路上において、少なくとも 1 つの反射ミラーが前記光源部と前記ポーライザとの間のみに配置されることを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の分光エリプソメータであって、
前記受光部が、
前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、
前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器と、
を有し、
前記照明部または前記受光部が、前記ポーライザまたは前記アナライザを回転する回転機構を有し、
前記対象物から前記分光器に至る光路上において、少なくとも 1 つの反射ミラーが前記アナライザと前記分光器との間のみに配置されることを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の分光エリプソメータであって、
前記ポーライザが、シート状の偏光素子であることを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の分光エリプソメータであって、
前記光源部と前記ポーライザとの間に複数の反射ミラーが配置されることを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の分光エリプソメータであって、
前記複数の反射ミラーが、複数の回転楕円体ミラーを含むことを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 6】

分光エリプソメータであって、
偏光した光を対象物へと導く照明部と、
前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部と、
を備え、
前記受光部が、
前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、
前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器と、
を有し、
前記対象物から前記分光器に至る光路上において、少なくとも 1 つの反射ミラーが前記アナライザと前記分光器との間のみに配置されることを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 7】

分光エリプソメータであって、

偏光した光を対象物へと導く照明部と、
前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部と、
を備え、
前記照明部が、
光源部と、
前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーラライザと、
前記光源部から前記ポーラライザを経由して前記対象物に至る光路上に配置された複数の回転楕円体ミラーと、
を有することを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 8】

分光エリプソメータであって、
偏光した光を対象物へと導く照明部と、
前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部と、
を備え、
前記照明部が、
光源部と、
前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーラライザと、
補助光を出射するもう 1 つの光源部と、
前記補助光を前記光源部からの光と重ね合わせる光学素子と、
前記もう 1 つの光源部から前記ポーラライザに至る光路上において、前記光源部から前記対象物に至る光学系の開口絞り位置と光学的にはほぼ共役な位置に配置された遮光パターンと、
を有し、
前記受光部が、
前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、
前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器と、
前記反射光から前記補助光を取り出すもう 1 つの光学素子と、
前記遮光パターンと光学的に共役な位置に配置され、前記もう 1 つの光学素子からの前記補助光を受光して前記遮光パターンの像を取得する撮像部と、
を有し、
前記照明部または前記受光部が、前記ポーラライザまたは前記アナライザを回転する回転機構を有することを特徴とする分光エリプソメータ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 5、並びに、請求項 7 および 8 のいずれかに記載の分光エリプソメータであって、
前記ポーラライザが、透光板上に一定の間隔で複数の金属線を配列形成した透過型のグレーティング偏光素子であることを特徴とする分光エリプソメータ。

【書類名】 明細書**【発明の名称】 分光エリプソメータ****【技術分野】****【0001】**

本発明は、対象物に偏光した光を照射して対象物からの光の偏光状態を取得する分光エリプソメータに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来より、半導体基板（以下、「基板」という。）上に形成される膜の厚さや光学定数等を測定するために、半導体装置の生産現場に分光エリプソメータが設置されて利用されている。分光エリプソメータでは偏光した光を基板上に照射してその反射光の波長毎の偏光状態を取得し、偏光解析することにより単層膜や多層膜に対する各種測定を行う。

【0003】

このような分光エリプソメータとして、特許文献1では、反射ミラーのみを用いてポーラライザからの偏光した光を基板へと導くとともに基板からの反射光をアナライザへと導くことにより、色収差の発生を抑制しつつ反射光の偏光状態を取得するものが開示されている。

【特許文献1】 米国特許第5910842号明細書

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、近年、半導体装置の回路パターンの微細化・複雑化に伴い、基板上に形成される膜の厚さに精度が求められるため、分光エリプソメータによる測定の高精度化が求められている。同時に、生産現場の省スペース化を図るため、分光エリプソメータの小型化も要求されている。

【0005】

ところが、特許文献1の手法ではポーラライザとアナライザとの間の光路上にミラーが設けられるため、光の偏光状態が変化したり、ミラーの熱歪み等の影響により光の偏光状態が変動する恐れがあり、基板上に照射される光が反射する際の偏光状態の変化（すなわち、反射光の偏光状態）を精度よく取得することが困難である。ミラーへの光の入射角を小さくして偏光状態の変化を抑制する対策も考えられるが、構造上の制約から分光エリプソメータが大型化してしまう。

【0006】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、偏光解析に利用される情報を精度よく取得することを主たる目的とし、分光エリプソメータの小型化を図ることも目的としている。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

請求項1に記載の発明は、分光エリプソメータであって、偏光した光を対象物へと導く照明部と、前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部とを備え、前記照明部が、光源部と、前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーラライザとを有し、前記光源部から前記対象物に至る光路上において、少なくとも1つの反射ミラーが前記光源部と前記ポーラライザとの間のみに配置される。

【0008】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の分光エリプソメータであって、前記受光部が、前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器とを有し、前記照明部または前記受光部が、前記ポーラライザまたは前記アナライザを回転する回転機構を有し、前記対象物から前記分光器に至る光路上において、少なくとも1つの反射ミラーが前記アナライザと前記分光器との間のみに配置

される。

【0 0 0 9】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または 2 に記載の分光エリプソメータであって、前記ポーラライザが、シート状の偏光素子である。

【0 0 1 0】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の分光エリプソメータであって、前記光源部と前記ポーラライザとの間に複数の反射ミラーが配置される。

【0 0 1 1】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 4 に記載の分光エリプソメータであって、前記複数の反射ミラーが、複数の回転楕円体ミラーを含む。

【0 0 1 2】

請求項 6 に記載の発明は、分光エリプソメータであって、偏光した光を対象物へと導く照明部と、前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部とを備え、前記受光部が、前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器とを有し、前記対象物から前記分光器に至る光路上において、少なくとも 1 つの反射ミラーが前記アナライザと前記分光器との間のみに配置される。

【0 0 1 3】

請求項 7 に記載の発明は、分光エリプソメータであって、偏光した光を対象物へと導く照明部と、前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部とを備え、前記照明部が、光源部と、前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーラライザと、前記光源部から前記ポーラライザを経由して前記対象物に至る光路上に配置された複数の回転楕円体ミラーとを有する。

【0 0 1 4】

請求項 8 に記載の発明は、分光エリプソメータであって、偏光した光を対象物へと導く照明部と、前記対象物からの前記偏光した光の反射光を受光して前記反射光の波長毎の偏光状態を取得する受光部とを備え、前記照明部が、光源部と、前記光源部からの光から前記偏光した光を得る偏光素子であるポーラライザと、補助光を出射するもう 1 つの光源部と、前記補助光を前記光源部からの光と重ね合わせる光学素子と、前記もう 1 つの光源部から前記ポーラライザに至る光路上において、前記光源部から前記対象物に至る光学系の開口絞り位置と光学的にほぼ共役な位置に配置された遮光パターンとを有し、前記受光部が、前記反射光が入射する偏光素子であるアナライザと、前記アナライザを経由した前記反射光が入射する分光器と、前記反射光から前記補助光を取り出すもう 1 つの光学素子と、前記遮光パターンと光学的に共役な位置に配置され、前記もう 1 つの光学素子からの前記補助光を受光して前記遮光パターンの像を取得する撮像部とを有し、前記照明部または前記受光部が、前記ポーラライザまたは前記アナライザを回転する回転機構を有する。

【0 0 1 5】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 1 ないし 5、並びに、請求項 7 および 8 のいずれかに記載の分光エリプソメータであって、前記ポーラライザが、透光板上に一定の間隔で複数の金属線を配列形成した透過型のグレーティング偏光素子である。

【発明の効果】

【0 0 1 6】

請求項 1 ないし 5 の発明では、対象物にポーラライザからの偏光した光をそのままの偏光状態で照射することができ、測定精度を高めることができる。

【0 0 1 7】

また、請求項 2 および 6 の発明では、対象物からの反射光を偏光状態を変化させることなくアナライザへと導くことができ、測定精度を高めることができる。

【0 0 1 8】

また、請求項 3 の発明では色収差の影響を抑制することができる。

【0 0 1 9】

また、請求項 4、5 および 7 の発明では、分光エリプソメータの小型化を図ることができる。

【0020】

請求項 8 の発明では、対象物の傾斜角を求めることができるとともに分光エリプソメータの小型化を図ることができる。

【0021】

また、請求項 9 の発明では、広範囲の波長帯に属す偏光した光を安定して得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

図 1 は本発明の一の実施の形態に係る分光エリプソメータ 1 の構成を示す図である。分光エリプソメータ 1 は、薄膜（単層膜でも多層膜でもよい。）が形成された基板 9 が載置されるステージ 2、ステージ 2 を図 1 中の X 方向および Y 方向に移動するステージ移動機構 21、偏光した光（以下、「偏光光」という。）を基板 9 上へと導く照明部 3、基板 9 からの偏光光の反射光を受光する受光部 4、および、各種演算処理を行う CPU や各種情報を記憶するメモリ等により構成された制御部 5 を備える。

【0023】

照明部 3 は偏光解析用の光を出射する高輝度の測定用光源部 31 を有し、回転する偏光素子である（いわゆる、回転偏光子である）ポーラライザ 32 により測定用光源部 31 からの光から偏光光が得られて基板 9 上へと照射される。また、受光部 4 は基板 9 からの反射光が入射する偏光素子である（いわゆる、検光子である）アナライザ 41 を有し、アナライザ 41 を経由した反射光が分光器 42 へと入射して波長毎の偏光状態が取得される。

【0024】

ステージ移動機構 21 は、ステージ 2 を図 1 中の Y 方向に移動する Y 方向移動機構 22、および、X 方向に移動する X 方向移動機構 23 を有する。Y 方向移動機構 22 はモータ 221 にボールねじ（図示省略）が接続され、モータ 221 が回転することにより、X 方向移動機構 23 がガイドレール 222 に沿って図 1 中の Y 方向に移動する。X 方向移動機構 23 も Y 方向移動機構 22 と同様の構成となっており、モータ 231 が回転するとボールねじ（図示省略）によりステージ 2 がガイドレール 232 に沿って X 方向に移動する。

【0025】

制御部 5 は、各種演算を行う演算部 51 を有し、受光部 4 からの信号が演算部 51 へと入力される。また、照明部 3 およびステージ移動機構 21 も制御部 5 に接続され、制御部 5 がこれらの構成を制御するとともに演算を実行することにより基板 9 上の膜に対する偏光解析に基づく各種測定結果が取得される。

【0026】

次に、照明部 3 および受光部 4 の詳細について説明する。測定用光源部 31 は高輝度キセノン（Xe）ランプを有する光源 311 およびレンズ群 312 を有し、光源 311 からの光がレンズ群 312 により板状のピンホールミラー 331 の裏面側に導かれる。なお、光源 311 は他の種類のランプ等により構成されてもよく、また、必要に応じて熱線カットフィルタや冷却ユニット等が設けられてもよい。

【0027】

ピンホールミラー 331 は、その反射面の法線が X 軸に直交するとともに光軸 J1 に対して 70 度だけ傾斜する姿勢にて斜め上向きに固定されており、測定用光源部 31 からの光はピンホールミラー 331 の開口部（具体的には、X 軸に平行な辺および垂直な辺の長さ 150 μm の正方形の開口部）を介して開口数（NA）0.02 にて漸次広がりつつ非球面ミラー 332 へと導かれる。このとき、ピンホールミラー 331 から出射された直後の光の光軸 J1 に垂直な光束断面の形状は、X 軸に平行な辺の長さが他の辺の長さよりも長い 150 μm × 50 μm の長方形とされる。

【0028】

非球面ミラー 332 は回転楕円体面の一部である反射面を有しており、凹面の非球面ミ

ラー 3 3 2 に入射する光は凹面の非球面ミラー 3 3 3 へとさらに導かれる。非球面ミラー 3 3 3 も非球面ミラー 3 3 2 と同様に回転楕円体ミラーであり、非球面ミラー 3 3 3 にて反射された光は開口数 0. 1 にて集光されつつポーラライザ 3 2 へと導かれる。

【 0 0 2 9 】

ポーラライザ 3 2 は、後述するようにシート状（薄板状を含む。）の偏光素子であり、ステップングモータ 3 2 1 の内側に位置する中空の回転体内に固定される（すなわち、中空タイプのステップングモータ 3 2 1 の中空部に配置される。）。ステップングモータ 3 2 1 は制御部 5 の制御により光軸 J 1 に平行な軸を中心として回転し、これにより、ステップングモータ 3 2 1 の回転角に応じた偏光光がポーラライザ 3 2 から導き出されて 7 0 度の入射角にて基板 9 上に照射される。

【 0 0 3 0 】

照明部 3 では、ピンホールミラー 3 3 1 から基板 9 に至る光学系は、5 対 1 の縮小光学系となっているため、基板 9 の表面近傍における偏光光の光軸 J 1 に垂直な光束断面の形状は、X 軸に平行な辺の長さが $30\ \mu\text{m}$ であり、他の辺の長さが $10\ \mu\text{m}$ である長方形となる。したがって、基板 9 上における偏光光の照射領域はおよそ $30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$ の正方形の微小領域となる。

【 0 0 3 1 】

図 2 は、ポーラライザ 3 2 を概念的に示す図であり、図 3 はポーラライザ 3 2 の一部を示す縦断面図である。図 2 および図 3 に示すようにポーラライザ 3 2 は、ガラスにて形成されるシート状の透光板 3 2 2 を有し、透光板 3 2 2 上には、例えば、タンタル（Ta）を蒸着することにより形成される複数の金属線 3 2 3 が設けられる。複数の金属線 3 2 3 は、図 2 に示すように、それぞれが矩形の透光板 3 2 2 の表面上において一の辺に沿う方向（以下、「特定方向」という。）に伸びるとともに特定方向に垂直な方向に一定の間隔を空けて配列して形成されており、ポーラライザ 3 2 は、ワイヤグリッドポーラライザ（または、グレーティングポーラライザ）と呼ばれる透過型のグレーティング偏光素子となっている。

【 0 0 3 2 】

図 2 のポーラライザ 3 2 に対して符号 7 1 を付す矢印が示す方向から光が入射すると、特定方向に平行な偏光成分は金属線 3 2 3 により符号 7 2 を付す矢印が示す方向に反射され、特定方向に垂直な偏光成分は符号 7 3 を付す矢印にて示すようにポーラライザ 3 2 を透過し、実際には回転するポーラライザ 3 2 の回転角に応じた偏光光が導き出される。なお、入射する光の特定方向に平行な偏光成分の一部は、その電場により金属線 3 2 3 中の電子を特定方向に移動させることによりジュール熱を発生させて金属線 3 2 3 に吸収される。これに対して、特定方向に垂直な偏光成分も、その電場により金属線 3 2 3 中の電子を特定方向に垂直な方向に移動させるが、その距離が制限されるため金属線 3 2 3 に吸収される割合は特定方向に平行な偏光成分よりも少ない。

【 0 0 3 3 】

図 4 は、ポーラライザ 3 2 の偏光特性を示す図であり、図 3 に示す金属線 3 2 3 の高さ d が $300\ \text{nm}$ 、幅 B が $100\ \text{nm}$ であり、金属線 3 2 3 のピッチ A が $200\ \text{nm}$ である場合のものを示している。また、図 4 の縦軸は透過率を示し、横軸は波長を示す。図 4 中の線群 8 1 は、ポーラライザ 3 2 への光の入射角が 0 度、2. 5 度、5 度、10 度および 15 度の場合の特定方向に平行な偏光成分の分光透過率を示している。また、線群 8 2 も同様に、それぞれ入射角 0 度、2. 5 度、5 度、10 度および 15 度の場合の特定方向に垂直な偏光成分の分光透過率を示している。

【 0 0 3 4 】

図 4 に示すように、ポーラライザ 3 2 は $200\ \text{nm}$ から $800\ \text{nm}$ までの広範囲の周波数帯において線群 8 2 に示す特定方向に垂直な偏光成分の透過率が、線群 8 1 に示す特定方向に平行な偏光成分の透過率より十分に大きくなっている。また、図 4 よりポーラライザ 3 2 への光の入射角が 15 度まで傾斜したとしても偏光光を安定して導き出すことができることが判る。換言すれば、光が僅かに斜入射される場合であってもワイヤグリッドポ

ーライザを分光エリプソメータ用の偏光素子として利用可能であることが判る。なお、ポーライザ 3 2 は図 4 に示す偏光特性を有するものに限定されず、金属線 3 2 3 もタンタル以外の金属にて形成されてもよい。

【0035】

以上のように、照明部 3 では測定用光源部 3 1 とポーライザ 3 2 との間の光路上にのみ配置される 2 枚の非球面ミラー 3 3 2, 3 3 3 により、測定用光源部 3 1 からピンホールミラー 3 3 1 を介して出射される光よりも大きな開口数にて光が集光されつつポーライザ 3 2 へと導かれ、ポーライザ 3 2 からの偏光光が比較的高い光量にて基板 9 上の微小領域に照射される。その際、ポーライザ 3 2 としてシート状であって厚さが薄く、かつ、熱的にも安定しているワイヤグリッドポーライザが用いられることにより、ポーライザ 3 2 において生じる色収差を許容範囲に抑えつつ、紫外から赤外に亘る広範囲の波長帯に属す偏光光を安定して得ることができる。

【0036】

図 1 に示すように基板 9 からの反射光は、スリット板 4 3 1 により取り込まれてアナライザ 4 1 へと導かれる。スリット板 4 3 1 の開口部は、X 軸に平行な辺の長さが他の辺の長さよりも十分に長い長方形とされ、X 軸に垂直な方向（ほぼ高さに相当する方向）に関して開口数が 0.05 とされる。これにより、取り込まれる反射光の基板 9 上の反射角の範囲が制限される。一方、X 方向に関しては反射光はほとんど制限されないため、測定に必要な十分な量の光がアナライザ 4 1 へと導かれる。

【0037】

アナライザ 4 1 としては、高精度に安定して光を偏光するロシヨンプリズムが使用され（ポーライザ 3 2 と同様にシート状の偏光素子（具体的には、ワイヤグリッドポーライザ）であってもよい。）、アナライザ 4 1 を透過した光は球面ミラー 4 3 2 を介してコールドミラー 4 3 3 にて反射され、スリット板 4 3 4 の開口部を介して分光器 4 2 にて受光される。分光器 4 2 は、好ましくは、ペルチェ素子等により冷却される裏面照射型の 1 次元 CCD を有するツェルニーター型分光器であり、入射する光が高い波長分解能にて分光され、波長毎（例えば、紫外線から近赤外線までの波長毎）の光の強度が高感度に測定される。そして、反射光の波長毎の強度がポーライザ 3 2 の回転角に対応付けられることにより、波長毎の反射光の偏光状態、すなわち、波長毎の p 偏光成分と s 偏光成分との位相差および反射振幅比角が取得される。

【0038】

基板 9 から分光器 4 2 に至る光学系は 1 対 1 の等倍光学系となっており、スリット板 4 3 4 の開口部の断面形状が $200\ \mu\text{m}$ 角の正方形となっている。したがって、分光器 4 2 では基板 9 上において偏光光の照射領域よりも十分に広い $200\ \mu\text{m} \times 600\ \mu\text{m}$ の矩形領域からの光が受光可能とされ、アナライザ 4 1 にて色収差が生じたとしても分光器 4 2 にて取得される反射光の偏光状態に大きな影響は生じない。

【0039】

照明部 3 には、さらに、追加的な照明光（本実施の形態では赤外光が使用され、以下、「補助光」という。）を出射する発光ダイオードを有する補助光源部 3 4 が設けられ、補助光源部 3 4 からの補助光はコンデンサレンズ 3 4 1 を介してパターンプレート 3 5 へと導かれる。パターンプレート 3 5 には所定の遮光パターン（例えば、十字の標線）が形成されており、補助光は遮光パターンに対応する部分が遮られつつピンホールミラー 3 3 1 へと導かれる。なお、補助光源部 3 4 は測定用の光と波長が異なる光を生成するのであれば必ずしも発光ダイオードを有するものである必要はなく、例えば、ランプにより補助光が生成されてもよい。

【0040】

ピンホールミラー 3 3 1 の反射面上には、後述するフォーカス調整に利用されるフォーカス調整用パターン（例えば、開口部から離れた位置に形成された格子状の標線）が形成されており、照射される補助光が測定用光源部 3 1 からの光に重ね合わされて非球面ミラー 3 3 2 に向けて反射され、非球面ミラー 3 3 3 およびポーライザ 3 2 を介して基板 9

上における偏光光の照射位置と同じ照射位置へと導かれる。

【0041】

このとき、ピンホールミラー 3 3 1 の位置と基板 9 上の照射位置とが光学的に共役とされるため（換言すると、ピンホールミラー 3 3 1 の位置が測定用光源部 3 1 から基板 9 に至る光学系の視野絞り位置に該当するため）、基板 9 上には偏光光の照射領域の外側においてフォーカス調整用パターンの像が形成される。これに対し、パターンプレート 3 5 は測定用光源部 3 1 から基板 9 に至る光学系の開口絞り位置と光学的にはほぼ共役な位置に配置されており、基板 9 上の補助光の照射領域には遮光パターンの影響は現れない。

【0042】

基板 9 からの反射光は、スリット板 4 3 1、アナライザ 4 1 および球面ミラー 4 3 2 を介してコールドミラー 4 3 3 へと導かれ、コールドミラー 4 3 3 において反射光のうち補助光（すなわち、赤外光）のみが透過されて取り出される。透過した補助光はミラー 4 3 5 にて反射され、ハーフミラー 4 3 6 に導かれる。ハーフミラー 4 3 6 では補助光の一部が反射され、遮光パターン撮像部 4 4 にて受光される。遮光パターン撮像部 4 4 の位置は、パターンプレート 3 5 から基板 9 の表面を経由して遮光パターン撮像部 4 4 に至る光学系においてパターンプレート 3 5 と光学的に共役とされるため、遮光パターン撮像部 4 4 には遮光パターンの像が結像される。遮光パターン撮像部 4 4 からは遮光パターンの画像データが制御部 5 へと出力される。

【0043】

補助光のうちハーフミラー 4 3 6 を透過したものはレンズ 4 3 7 を介して基板撮像部 4 3 8 へと導かれて受光される。基板撮像部 4 3 8 の位置はピンホールミラー 3 3 1 および基板 9 の表面の位置と光学的に共役とされ、基板撮像部 4 3 8 により基板 9 上のフォーカス調整用パターンの像が取得される。分光エリプソメータ 1 では、取得された基板 9 上のパターンの画像のコントラストに基づいて制御部 5 がステージ 2 に設けられたステージ昇降機構 2 4 を昇降し、基板 9 の表面が一定の高さにされる（すなわち、フォーカス調整が行われる）。

【0044】

分光エリプソメータ 1 により測定が行われる際には、受光部 4 により反射光の偏光状態が取得されるのと同時に、基板 9 が水平面（すなわち、図 1 中の X Y 平面）に対して傾斜する傾斜角の測定も行われる。具体的には、測定用光源部 3 1 および補助光源部 3 4 それぞれからの光の出射が開始され、分光器 4 2 により偏光光の反射光の波長毎の偏光状態が取得されつつ遮光パターン撮像部 4 4 により遮光パターンの画像が取得される。

【0045】

このとき、前述のように補助光の照射位置における基板 9 の表面の高さが一定に保たれるとともに、遮光パターン撮像部 4 4 の位置がパターンプレート 3 5 に対して基板 9 の表面を経由して光学的に共役となる位置とされるため、遮光パターン撮像部 4 4 にて取得される画像中の遮光パターンの位置は、基板 9 の傾斜角（正確には、補助光の照射位置における傾斜角）に対応した位置となる。したがって、演算部 5 1 により取得された画像中の遮光パターンの重心位置と予め記憶された傾斜角が 0 度のときの画像中の遮光パターンの重心位置との間の距離（ベクトル）が算出されることにより、基板 9 の傾斜角（例えば、基板 9 の法線方向を示すベクトル）が求められる。

【0046】

基板 9 の傾斜角と反射光の偏光状態とが取得されると、演算部 5 1 では、傾斜角（および、傾斜方向）から求められる正確な入射角を用いつつ取得された偏光状態に基づいて基板 9 上の膜に対して偏光解析が行われ、膜の光学定数や厚さ等の測定結果が取得される。

【0047】

以上に説明したように、図 1 の分光エリプソメータ 1 では、測定用光源部 3 1 から基板 9 の表面を経由して分光器 4 2 に至る光路上において、反射ミラーがポーライザ 3 2 とアナライザ 4 1 との間には設けられず、測定用光源部 3 1 とポーライザ 3 2 との間、および、アナライザ 4 1 と分光器 4 2 との間のそれぞれにのみ配置される。これにより、ポ

ーライザ32からの偏光光をそのままの偏光状態で基板9の表面へと照射するとともに、偏光光の反射光を偏光状態を変化させることなくアナライザ41へと導くことができる。その結果、分光エリプソメータ1では反射による偏光光の偏光状態の変化および偏光光の反射光の偏光状態を精度よくかつ安定して取得することができ、基板9上の膜に対する偏光解析を高精度に行うことができる。

【0048】

また、測定用光源部31とポーラライザ32との間に複数の反射ミラー（特に、2つの非球面ミラー332, 333）が配置されることにより、光路を複数回折り曲げて照明部3をコンパクトにすることも実現される。さらに、分光エリプソメータ1では、基板9の傾斜角を測定するために用いられる光学系（すなわち、補助光源部34から基板9の表面を経由して遮光パターン撮像部44へと至る光学系）の一部と、偏光状態を取得するために用いられる光学系の一部（すなわち、測定用光源部31から基板9の表面を経由して分光器42へと至る光学系）とが共有されるため、分光エリプソメータ1の小型化を図ることができる。なお、測定用光源部31とポーラライザ32との間の複数の反射ミラーには、折り返しミラー等の他の種類のミラーが適宜含められてもよい。

【0049】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。

【0050】

上記実施の形態では、ポーラライザ32にステッピングモータ321が取り付けられるが、アナライザ41にステッピングモータが設けられてもよい。この場合、受光部4にて取得される反射光の波長毎の偏光状態は、アナライザ41の回転角に対応付けて取得される。また、ポーラライザ32またはアナライザ41には他の手法による回転機構が設けられてもよい。

【0051】

上記実施の形態では、測定用光源部31から基板9の表面を経由して分光器42に至る光路上において、ポーラライザ32とアナライザ41との間に反射ミラーが配置されないが、分光エリプソメータの要求される測定精度や設計上の都合等によってはポーラライザ32と基板9との間、および、基板9とアナライザ41と間のいずれか一方のみに反射ミラーが配置されてもよい。特に、分光エリプソメータの小型化のみを目的とする場合、複数の回転楕円体ミラー（3以上であってもよい。）は測定用光源部31からポーラライザ32を経由して基板9に至る光路上のいずれの位置に配置されてもよい。

【0052】

パターンプレート35は必ずしも補助光源部34とピンホールミラー331との間に配置される必要はなく、補助光源部34からポーラライザ32に至る光路上において、測定用光源部31から基板9に至る光学系の開口絞り位置と光学的にほぼ共役な位置であればいずれの位置に配置されてもよい。

【0053】

補助光を測定用光源部31からの光と重ね合わせる光学素子は、ピンホールミラー331以外であってもよく、例えば、ハーフミラーでもよい。同様に、反射光から補助光を取り出す光学素子もコールドミラー433とは異なるものであってもよい。

【0054】

分光エリプソメータ1の構造（特に、冷却構造）や測定に利用する偏光光が属す波長帯によっては、例えば、石英ガラスにPVC（ポリ塩化ビニル）膜等を塗布して2色性膜を形成した（すなわち、高分子材料の異方性を利用した）シート状の偏光素子をポーラライザ32として用いることもできる。

【0055】

基板9は、半導体基板に限定されず、例えば、液晶表示装置やその他のフラットパネル表示装置等に使用されるガラス基板であってもよい。さらに、分光エリプソメータ1による測定対象は、微細パターンが形成される基板以外の物に形成された膜であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 6 】

【図 1】 分光エリプソメータの構成を示す図である。

【図 2】 ポーラライザを概念的に示す図である。

【図 3】 ポーラライザの一部を示す縦断面図である。

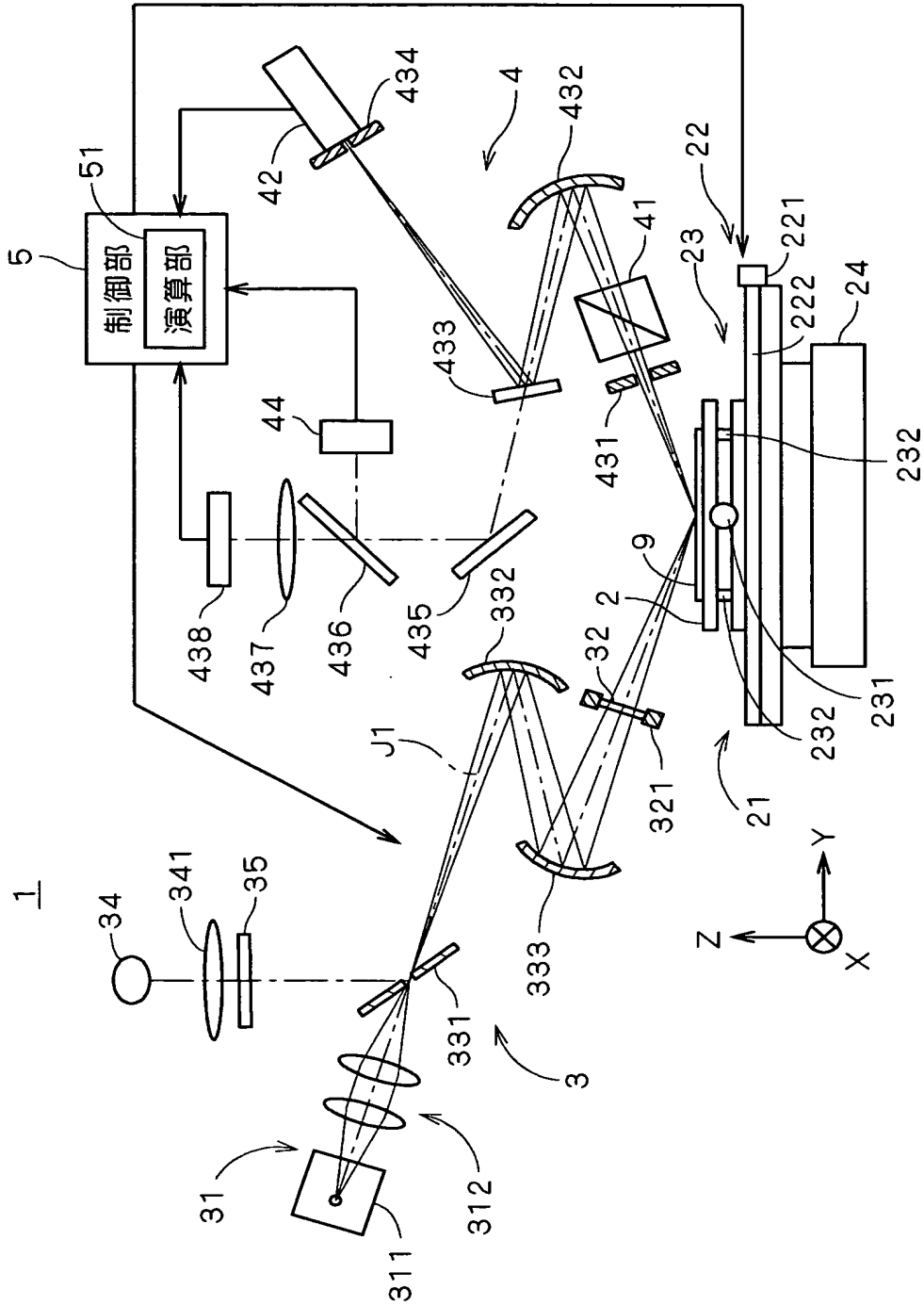
【図 4】 ポーラライザの偏光特性を示す図である。

【符号の説明】

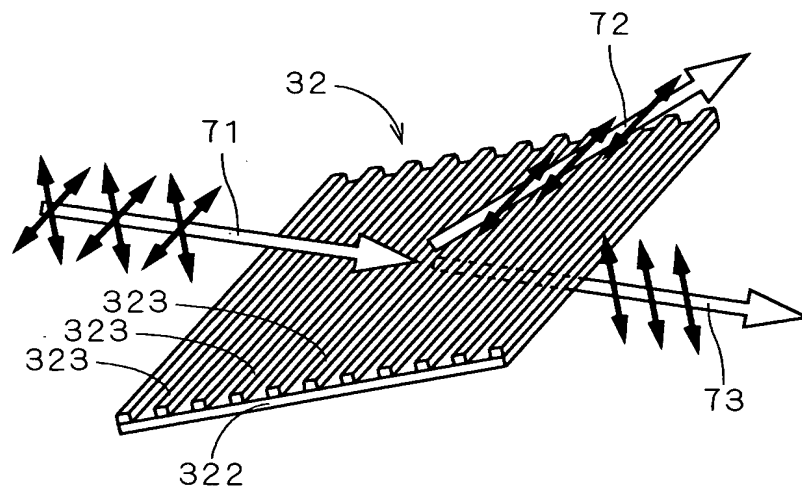
【 0 0 5 7 】

- 1 分光エリプソメータ
- 3 照明部
- 4 受光部
- 9 基板
- 3 1 測定用光源部
- 3 2 ポーラライザ
- 3 4 補助光源部
- 3 5 パターンプレート
- 4 1 アナライザ
- 4 2 分光器
- 4 4 遮光パターン撮像部
- 3 2 1 ステッピングモータ
- 3 2 2 透光板
- 3 2 3 金属線
- 3 3 1 ピンホールミラー
- 3 3 2, 3 3 3 非球面ミラー
- 4 3 2 球面ミラー
- 4 3 3 コールドミラー

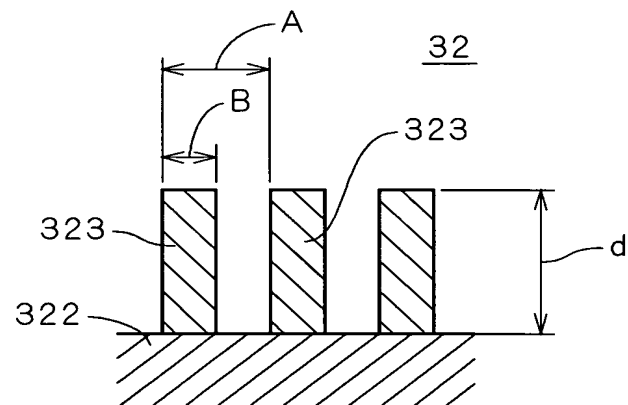
【書類名】 図面
【図 1】



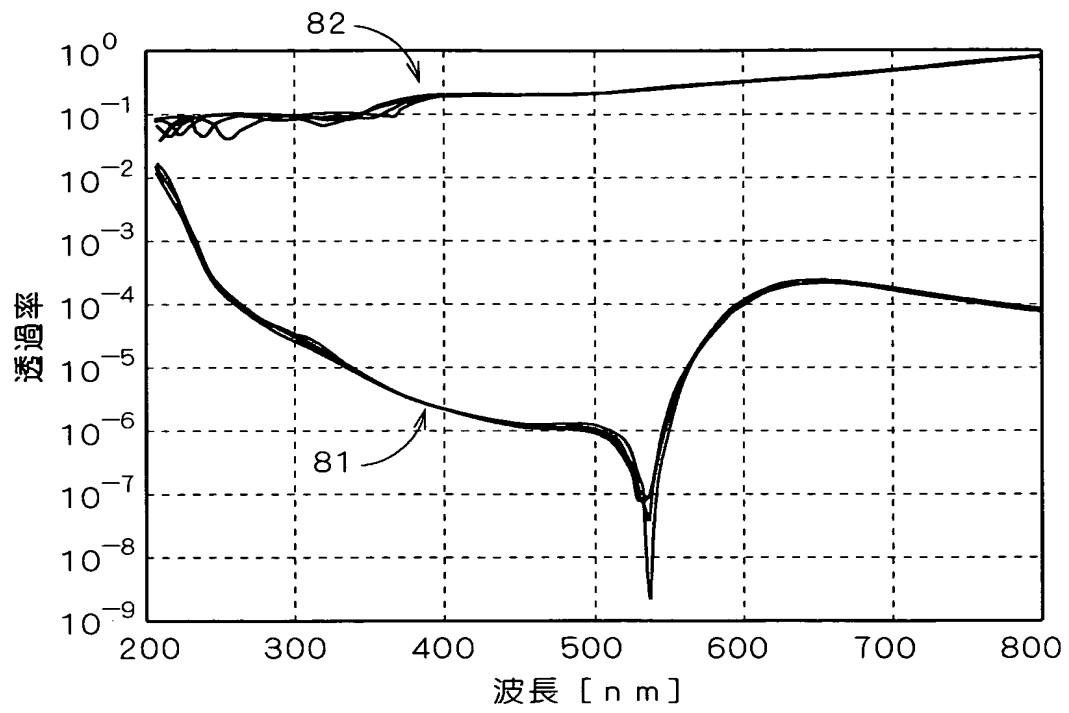
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 測定精度の高い分光エリプソメータを提供する。

【解決手段】 分光エリプソメータ 1 の照明部 3 は測定用光源部 3 1 を有し、ポーラライザ 3 2 により測定用光源部 3 1 からの光から偏光光が得られて基板 9 上へと導かれる。また、受光部 4 は基板 9 からの偏光光の反射光が入射するアナライザ 4 1 を有し、アナライザ 4 1 を経由した反射光が分光器 4 2 へと入射して波長毎の偏光状態が取得される。分光エリプソメータ 1 では、測定用光源部 3 1 とポーラライザ 3 2 との間、および、アナライザ 4 1 と分光器 4 2 との間のそれぞれにのみミラーが配置される。これにより、分光エリプソメータ 1 ではミラーにより偏光光やその反射光の偏光状態が変化せず、精度の高い測定が実現される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 9 5 2 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 0 7 5 5 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の
1

氏 名

大日本スクリーン製造株式会社